

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002年2月21日 (21.02.2002)

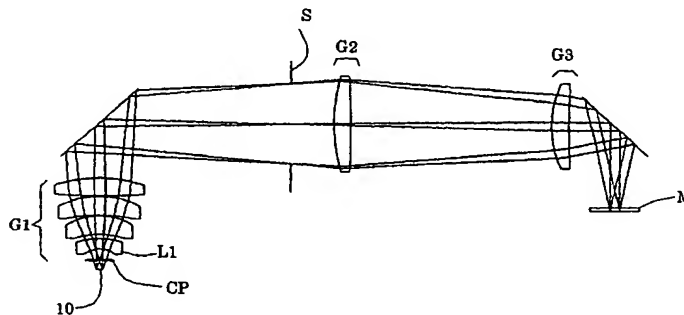
PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/14924 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 13/24, 13/18, 19/00 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, VZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/06913 (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (22) 国際出願日: 2001年8月10日 (10.08.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2000-243546 2000年8月11日 (11.08.2000) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 補正書・説明書
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 末永 豊 (SUE-NAGA, Yutaka) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士 志賀正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒169-8925 東京都新宿区高田馬場三丁目23番3号 ORビル Tokyo (JP).
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: RELAY IMAGE OPTICAL SYSTEM, AND ILLUMINATING OPTICAL DEVICE AND EXPOSURE SYSTEM PROVIDED WITH THE OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: リレー結像光学系、および該光学系を備えた照明光学装置並びに露光装置



(57) Abstract: A relay image optical system which is reduced in size and weight with fewer lenses and without compromise in required optical characteristics, which forms an image on a first plane (10) onto a second plane (M), and which comprises, in the order mentioned from the first plane side, a first lens group (G1), a second lens group (G2) and a third lens group (G3) so configured as to position image planes at finite distances. At least two lens groups out of first through third lens groups (G1-G3) respectively have at least one aspherical surface, a total number of lenses constituting the optical system being up to 10.

[続葉有]

WO 02/14924 A1



(57) 要約:

本発明は、所要の光学特性を確保しつつ、少ないレンズ枚数で小型化および軽量化を実現することのできるリレー結像光学系を提供する。このリレー結像光学系は、第1面（10）の像を第2面（M）に形成するもので、第1面側から順に、像平面が有限距離に位置するように構成された第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3とを備えている。第1レンズ群G1ないし第3レンズ群G3のうちの少なくとも2つのレンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する。光学系を構成するレンズの総数が10以下である。

明 細 書

リレー結像光学系、および該光学系を備えた照明光学装置並びに露光装置

背景技術

1. 発明の技術分野

本発明は、リレー結像光学系、および該光学系を備えた照明光学装置並びに露光装置に関する。特に、半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置の照明光学装置に適した結像光学系に関する。

2. 従来の技術

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、たとえばフライアイレンズのようなオプティカルインテグレータに入射し、その後側焦点面に多数の光源からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、コンデンサーレンズにより集光された後、マスクと共役な所定面に照野を形成する。この所定面の近傍には、照明視野絞りとしてのマスクブラインドが配置されている。

所定面に形成された照野からの光束は、照明視野絞りを介して制限された後、リレー結像光学系を介して、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。その結果、マスク上には、照明視野絞りの開口部の像が照明領域として形成される。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介して感光性基板上に結像する。こうして、感光性基板上には、マスクのパターンが投影露光（転写）される。

上述した典型的な露光装置では、マスクおよび感光性基板が受ける重力の影響がマスクおよび感光性基板に対する投影光学系の光軸を中心として対称となるように、投影光学系の光軸を重力方向（鉛直方向）に一致させ、マスクおよび感光性基板を水平方向に支持する構成が一般的である。この場合、照明視野絞りとマスクとを光学的に共役に連結するリレー結像光学系が、露光装置の最上部に配置される。したがって、露光装置が振動の影響を受けにくい構造にするには、リレー結像光学系の小型化および軽量化を図ることが望ましい。換言すると、リレー

結像光学系を少ないレンズ枚数で構成することが望ましい。

また、近年では、転写すべきパターンの微細化に伴って露光光の短波長化が進み、波長が248nmのKrFエキシマレーザー光源や、波長が193nmのArFエキシマレーザー光源などが露光光源として用いられている。この場合、有害なガスの発生によりレンズ表面が曇り易いこと、およびレンズの光透過率が低下し易いことが知られているが、いずれの観点からもしレー結像光学系を少ないレンズ枚数で構成することが有利である。

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、所要の光学特性を確保しつつ、少ないレンズ枚数で小型化および軽量化を実現可能なリレー結像光学系を提供することを目的とする。また、本発明は、少ないレンズ枚数で小型化および軽量化されたリレー結像光学系を備えた照明光学装置および露光装置を提供することを目的とする。

発明の開示

上記課題を解決するために、本発明の第1発明では、第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、この光学系が3倍未満の結像倍率を有し、この光学系を構成するレンズの総数が10以下であり、この光学系が少なくとも2つの非球面を有し、この少なくとも2つの非球面のうちの一方向の非球面が第1面の近傍または第2面の近傍に配置されていることを特徴とするリレー結像光学系を提供する。

第1発明において、上記光学系が、第1面側から順に、第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、第1レンズ群および第3レンズ群が、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有していることが好ましい。また、第2レンズ群が、少なくとも1つの非球面を有することが好ましい。

また、第1発明において、第1レンズ群が、第1面側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と、少なくとも2つの正レンズとを有し、第2レンズ群および第3レンズ群が、少なくとも1つの正レンズをそれぞれ有していることが好ましい。この場合、メニスカスレンズL1の第1面側の凹面の曲率半径をR1とし、前記第1レンズ群G1の焦点距離をf1とすると、

$$0.1 < |f_1 / R_1| < 10$$

の条件を満足することが好ましい。

本発明の第2発明では、第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、この光学系が、第1面側から順に、像平面が有限距離に位置するように構成された第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、第1レンズ群ないし第3レンズ群のうちの少なくとも2つのレンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有し、上記光学系を構成するレンズの総数が10以下であることを特徴とするリレー結像光学系を提供する。

第2発明において、第2レンズ群の近傍に、不要な光束を遮るための開口絞りが配置されていることが好ましい。また、第2レンズ群が、1/100倍から100倍の倍率を有することが好ましい。さらに、第2レンズ群が、少なくとも1つの非球面を有することが好ましい。

本発明の第3発明では、第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、この光学系は、第1面側から順に、第1レンズ群と、実質的に倍率を有する第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、第1レンズ群ないし第3レンズ群のうちの少なくとも2つのレンズ群が、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有し、上記光学系を構成するレンズの総数が10以下であることを特徴とするリレー結像光学系を提供する。

第3発明において、第2レンズ群が、1/100倍から100倍の倍率を有することが好ましい。また、第1レンズ群および第3レンズ群が、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有することが好ましい。さらに、第2レンズ群が、少なくとも1つの非球面を有することが好ましい。

本発明の第4発明では、被照射面を照明する照明光学装置において、光束を供給するための光源と、光源からの光束に基づいて所定面に照野を形成するための照野形成手段と、上記所定面としての第1面に形成された照野の像を、被照射面としての第2面に形成するための上記第1発明～第3発明のリレー結像光学系とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

第4発明では、前記所定面には、前記被照射面における照明領域を変更するための視野絞りが配置されていることが好ましい。

本発明の第5発明では、上記第4発明の照明光学装置と、上記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

本発明の第6発明では、上記第5発明の露光装置によりマスクのパターンを感光性基板上に露光する露光工程と、露光工程により露光された感光性基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイスの製造方法を提供する。

図面の簡単な説明

図1は、本発明にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

図2は、本発明の第1実施例にかかるリレー結像光学系のレンズ構成を示す図である。

図3は、本発明の第1実施例にかかるリレー結像光学系を1つの直線状の光軸に沿って展開した図である。

図4は、本発明の第2実施例にかかるリレー結像光学系を1つの直線状の光軸に沿って展開した図である。

図5は、本発明の第3実施例にかかるリレー結像光学系を1つの直線状の光軸に沿って展開した図である。

図6は、本発明の第4実施例にかかるリレー結像光学系を1つの直線状の光軸に沿って展開した図である。

図7は、本発明の第1実施例における球面収差（横収差表示）を示す図である。

図8は、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

図9は、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

一般に、露光装置の屈折型の投影光学系では、瞳の球面収差がある程度残存している。この場合、マスクのパターン像が感光性基板上にテレセントリックに投影されないため、微妙なデフォーカス（投影光学系の像面と感光性基板との間の

位置ずれ)によってディストーションが発生してしまう。したがって、露光装置の照明系において照明視野絞りとマスクとを光学的に共役に結ぶリレー結像光学系では、投影光学系の瞳の球面収差を補償(補正)する必要がある。

そこで、本発明では、たとえば結像倍率が3倍未満のリレー結像光学系に少なくとも2つの非球面を導入し、その一方の非球面を物体面(露光装置の場合は照明視野絞り面)の近傍または像面(露光装置の場合はマスクのパターン面)の近傍に配置する構成を採用している。このように、リレー結像光学系がたとえば第1レンズ群と第2レンズ群と第3レンズ群とで構成されている場合に、物体面に近い第1レンズ群または像面に近い第3レンズ群に非球面を導入することにより、10枚以下のレンズ枚数で簡素な構成であるにもかかわらず、投影光学系の瞳の球面収差を無理なく補償することができる。また、リレー結像光学系の結像倍率が3倍未満であるため、リレー結像光学系自体の球面収差を小さくすることができるため、レンズ枚数をさらに減らすことが容易となる。

この場合、第1レンズ群および第3レンズ群にそれぞれ非球面を導入することにより、さらに簡素な構成で投影光学系の瞳の球面収差をさらに無理なく補償することができる。なお、本発明の典型的な態様によれば、第1レンズ群は、その像平面が有限距離に位置するように構成される。また、第2レンズ群は、実質的に倍率を有するように、たとえば1/100倍から100倍の倍率を有するように構成される。第1レンズ群の像平面が有限距離に位置するため、また第2レンズ群が倍率を有するため、設計自由度が広がりレンズ枚数を減らすことが容易となり、またレンズの最大径を小さくすることができる。

また、本発明では、第2レンズ群にも非球面を導入することにより、光学系の結像特性としての球面収差を良好に補正することができる。さらに、本発明では、光学系の瞳面の近傍に、すなわち第2レンズ群の近傍に開口絞りを配置して不要光束を遮ることにより、フレアーなどの発生を回避することができる。ところで、本発明の典型的な態様によれば、第1レンズ群は、物体側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と、少なくとも2つの正レンズとを有する。また、第2レンズ群および第3レンズ群は、少なくとも1つの正レンズをそれぞれ有する。

この場合、投影光学系の瞳の球面収差の補償を補助するとともにペッツバール

和を低減するために、次の条件式（１）を満足することが望ましい。

$$0.1 < |f_1 / R_1| < 10 \quad (1)$$

ここで、 R_1 は、メニスカスレンズ L_1 の物体側の凹面の曲率半径である。また、 f_1 は、第１レンズ群 G_1 の焦点距離である。

条件式（１）の上限値を上回ると、正の高次球面収差が大きく発生して補正し切れなくなるので好ましくない。また、条件式（１）の下限値を下回ると、ペッツバル和が大きくなり、像面（マスク面）に形成される物体面の像（照明視野絞りの開口部の像）のボケが大きくなるので好ましくない。さらに、投影光学系の瞳の球面収差も補償しにくくなり、結果的にレンズ枚数の増加につながるので好ましくない。

以上のように、本発明のリレー結像光学系では、所要の光学特性を確保しつつ、少ないレンズ枚数で小型化および軽量化を実現することができる。したがって、本発明のリレー結像光学系を組み込んだ照明光学装置および露光装置では、たとえばエキシマレーザー光源を用いた場合にも、有害ガスによるレンズ表面の曇りの影響を受けにくく、レンズの光透過率の低下の影響も受けにくい。

また、本発明のリレー結像光学系を組み込んだ露光装置では、リレー結像光学系の小型化および軽量化により、露光装置が振動の影響を受けにくい構造になる。その結果、本発明の露光装置を用いて良好な露光条件のもとで投影露光を行うことにより、良好なマイクロデバイスを高精度に製造することができる。

次いで、本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。

図１は、本発明の実施例にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。図１において、感光性基板であるウェハ W の法線方向に沿って Z 軸を、ウェハ面内において図１の紙面に平行な方向に Y 軸を、ウェハ面内において図１の紙面に垂直な方向に X 軸をそれぞれ設定している。図１の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源１として、たとえば 248 nm （ KrF ）または 193 nm （ ArF ）の波長の光を供給するエキシマレーザー光源を備えている。

光源１から Y 方向に沿って射出されたほぼ平行な光束は、 X 方向に沿って細長

く延びた矩形状の断面を有している。この光束は、一对のレンズ 2 a および 2 b からなるビームエキスパンダー 2 に入射する。各レンズ 2 a および 2 b は、図 1 において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。また、一对のレンズ 2 a および 2 b のうちの少なくとも一方が、光軸 AX に沿って移動可能に構成されている。したがって、ビームエキスパンダー 2 に入射した光束は、一对のレンズ 2 a と 2 b との間隔に応じて図 1 の紙面内において拡大され、所望の矩形状の断面を有する光束に整形される。

整形光学系としてのビームエキスパンダー 2 を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラーで Z 方向に偏向された後、マイクロフライアイ 3 に入射する。マイクロフライアイ 3 は、稠密に且つ縦横に配列された多数の正六角形状の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロフライアイは、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

ここで、マイクロフライアイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロフライアイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズが互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロフライアイはフライアイレンズと同じである。なお、図 1 では、図面の明瞭化のために、マイクロフライアイ 3 を構成する微小レンズの数を実際よりも非常に少なく表している。

したがって、マイクロフライアイ 3 に入射した光束は、多数の微小レンズにより二次元的に分割され、各微小レンズの後側焦点面にはそれぞれ 1 つの光源（集光点）が形成される。マイクロフライアイ 3 の後側焦点面に形成された多数の光源からの光束は、アフォーカルズームレンズ 4 を介して、輪帯照明用の回折光学素子（DOE）5 に入射する。

アフォーカルズームレンズ 4 は、アフォーカル系（無焦点光学系）を維持しながら所定の範囲で倍率を連続的に変化させることができるように構成されている。また、アフォーカルズームレンズ 4 は、マイクロフライアイ 3 の後側焦点面と回

折光学素子 5 の回折面とを光学的に共役に連結している。そして、回折光学素子 5 の回折面上の一点に集光する光束の開口数は、アフォーカルズームレンズ 4 の倍率に依存して変化する。

一般に、回折光学素子は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、輪帯照明用の回折光学素子 5 は、入射した矩形形状の光束を輪帯状（円環状）の光束に変換する。回折光学素子 5 を介した光束は、ズームレンズ 6 を介して、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ 7 に入射する。

ここで、ズームレンズ 6 の後側焦点面の近傍に、フライアイレンズ 7 の入射面が位置決めされている。したがって、回折光学素子 5 を介した光束は、ズームレンズ 6 の後側焦点面に、ひいてはフライアイレンズ 7 の入射面に、光軸 A X を中心とした輪帯状の照野を形成する。この輪帯状の照野の大きさは、ズームレンズ 6 の焦点距離に依存して変化する。このように、ズームレンズ 6 は、回折光学素子 5 とフライアイレンズ 7 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に結んでいる。

フライアイレンズ 7 は、正の屈折力を有する多数のレンズエレメントを稠密に且つ縦横に配列することによって構成されている。なお、フライアイレンズ 7 を構成する各レンズエレメントは、マスク上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形形状の断面を有する。また、フライアイレンズ 7 を構成する各レンズエレメントの入射側の面は入射側に凸面を向けた球面状に形成され、射出側の面は射出側に凸面を向けた球面状に形成されている。

したがって、フライアイレンズ 7 に入射した光束は多数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、光束が入射した各レンズエレメントの後側焦点面には多数の光源がそれぞれ形成される。こうして、フライアイレンズ 7 の後側焦点面には、フライアイレンズ 7 への入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する輪帯状の面光源（以下、「二次光源」という）が形成される。フライアイレンズ 7 の後側焦点面に形成された輪帯状の二次光源からの光束は、そ

の近傍に配置された開口絞り 8 に入射する。

輪帯状の開口部（光透過部）を有する開口絞り 8 を介した二次光源からの光は、コンデンサー光学系 9 の集光作用を受けた後、その後側焦点面を重畳的に照明する。こうして、コンデンサー光学系 9 の後側焦点面には、フライアイレンズ 7 を構成する各レンズエレメントの形状と相似な矩形状の照野が形成される。このように、マイクロフライアイ 3 からコンデンサー光学系 9 は、光源 1 からの光束に基づいて所定面（コンデンサー光学系 9 の後側焦点面）に照野を形成するための照野形成手段を構成している。

上述の矩形状の照野が形成される所定面には、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 10 が配置されている。マスクブラインド 10 の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、リレー結像光学系 11 の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク M を重畳的に照明する。こうして、リレー結像光学系 11 は、マスクブラインド 10 の矩形状の開口部の像をマスク M 上に形成することになる。なお、リレー結像光学系 11 の詳細については、4 つの実施例を参照して後述する。

マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 P L を介して、感光性基板であるウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。そして、投影光学系 P L の光軸 A X と直交する平面（X Y 平面）内においてウェハ W を二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハ W の各露光領域に、マスク M のパターンが逐次露光される。

なお、一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。この場合、マスク M 上における照明領域の形状は正方形に近い矩形状であり、フライアイレンズ 7 の各レンズエレメントの断面形状も正方形に近い矩形状となる。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながらウェハの各露光領域に対してマスクパターンをスキャン露光する。この場合、マスク M 上での照明領域の形状は、短辺と長辺との比がたとえば 1 : 3 の矩形状であり、フライアイレンズ 7 の各レンズエレメントの断面形状もこれと相似な矩形状となる。

なお、本実施例では、アフォーカルズームレンズ4の倍率を変化させることにより、輪帯状をなす二次光源の外径（大きさ）および輪帯比（形状）をともに変更することができる。また、ズームレンズ6の焦点距離を変化させることにより、輪帯状の二次光源の輪帯比を変更することなく、その外径を変更することができる。その結果、アフォーカルズームレンズ4の倍率とズームレンズ6の焦点距離とを適宜変化させることにより、輪帯状の二次光源の外径を変化させることなく、その輪帯比だけを変更することができる。

また、本実施例では、輪帯照明用の回折光学素子5を、たとえば4極照明用の回折光学素子や8極照明用の回折光学素子と切り換えることにより、4極照明や8極照明のような変形照明を行うことができる。この場合、回折光学素子5の切換えに連動して、輪帯開口絞り8を、たとえば4極開口絞りや8極開口絞りと切り換えることになる。また、マイクロフライアイ3を照明光路から退避させるとともに輪帯照明用の回折光学素子5を、通常の円形照明用の回折光学素子と切り換えることにより、通常の円形照明を行うこともできる。この場合、回折光学素子5の切換えに連動して、輪帯開口絞り8を、円形開口絞り8と切り換えることになる。

〔第1実施例〕

図2は、本発明の第1実施例にかかるリレー結像光学系のレンズ構成を示す図である。また、図3は、上記第1実施例にかかるリレー結像光学系を1つの直線状の光軸に沿って展開した図である。第1実施例のリレー結像光学系は、物体側（マスクブラインド10側）から順に、カバーガラス（平行平板）CPと、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3とから構成されている。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け且つ像側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズL1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズとから構成されている。また、第2レンズ群G2は、像側の面が非球面状に形成された、両凸レンズから構成されている。さらに、第3レンズ群G3は、非球面状に形成された凸面を物体側に向けた正メニスカスレンズから構成されている。なお、第

1 実施例のリレー結像光学系を構成する6枚のレンズおよびカバーガラスCPと、マスクMとは、すべて石英から形成されている。

なお、各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、非球面の頂点における接平面から高さ y における非球面上の位置までの光軸に沿った距離（サグ量）を x とし、頂点曲率半径を r とし、円錐係数を κ とし、 n 次の非球面係数を C_n としたとき、以下の数式（a）で表される。

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + \kappa) \cdot y^2 / r^2\}^{1/2}] + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 + C_{10} \cdot y^{10} + C_{12} \cdot y^{12} \quad (a)$$

なお、各実施例において、非球面状に形成されたレンズ面には面番号の右側に*印を付している。

次の表（1）に、第1実施例のリレー結像光学系の諸元の値を掲げる。表（1）において、 β はリレー結像光学系の結像倍率を、 β_2 は第2レンズ群G2の倍率を、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離をそれぞれ示している。また、面番号は光線の進行する方向に沿った面の順序を、 r は各面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径：mm）を、 d は各面の軸上間隔すなわち面間隔（mm）をそれぞれ示している。

表 1

（主要諸元）

$$\beta = 1.5$$

$$\beta_2 = 1.5382$$

（光学部材諸元）

面番号	r	d	
	(物体面)	25.000000	(マスクブラインド10)
1	∞	3.000000	(カバーガラスCP)
2	∞	29.375557	
3	-63.87177	31.110200	(第1レンズ群G1：レンズL1)

4*	-160.61224	12.657986	
5	-175.00000	55.000000	
6	-152.07942	1.000000	
7	-430.32581	55.000000	
8	-222.28946	2.000000	
9	1712.61401	51.000000	
10	-350.00000	801.571030	
11	550.00000	46.000000	(第2レンズ群G2)
12*	-2983.73036	282.830771	
13	∞	262.454464	(開口絞りS)
14*	317.73900	47.000000	(第3レンズ群G3)
15	2257.23160	365.000000	
16	∞	10.000000	(マスクM)
17	(像面)		

(非球面データ)

第4面

$$r = -160.61224$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.270927 \times 10^{-7}$$

$$C6 = 0.443278 \times 10^{-11}$$

$$C8 = -0.343354 \times 10^{-15}$$

$$C10 = 0.346932 \times 10^{-19}$$

第12面

$$r = -2983.73036$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.143095 \times 10^{-8}$$

$$C6 = -0.339535 \times 10^{-14}$$

$$C8 = 0.271042 \times 10^{-18}$$

$$C10 = -0.784960 \times 10^{-23}$$

第 1 4 面

$$r = 317.73900$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = -0.247493 \times 10^{-8}$$

$$C6 = -0.307173 \times 10^{-13}$$

$$C8 = 0.375792 \times 10^{-18}$$

$$C10 = -0.164443 \times 10^{-22}$$

(条件式対応値)

$$f1 = 373.660 \text{ mm}$$

$$R1 = -63.872 \text{ mm}$$

$$(1) \quad |f1/R1| = 5.850$$

〔第 2 実施例〕

図 4 は、第 2 実施例にかかるリレー結像光学系を 1 つの直線状の光軸に沿って展開した図である。第 2 実施例のリレー結像光学系は、物体側（マスクブラインド 10 側）から順に、カバーガラス CP と、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 とから構成されている。図 4 では、開口絞り S の図示を省略しているが、第 2 レンズ群 G 2 中に開口絞り S を配置することができる。

なお、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凹面を向け且つ像側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズ L 1 と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズとから構成されている。また、第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凸レンズと、非球面状に形成された凹面を物体側に向けた負メニスカスレンズとから構成されている。さらに、第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、非球面状に形成された凸面を像側に向け、平凸レンズとから構成されている。なお、第 2 実施例のリレー結像光学系を構成する 8 枚のレンズおよびカバーガラス CP と、マスク M とは、すべて石英から形成されている。

次の表（2）に、第 2 実施例のリレー結像光学系の諸元の値を掲げる。表（2）

において、 β はリレー結像光学系の結像倍率を、 β_2 は第2レンズ群G2の倍率を、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離をそれぞれ示している。また、面番号は光線の進行する方向に沿った面の順序を、 r は各面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径：mm）を、 d は各面の軸上間隔すなわち面間隔（mm）をそれぞれ示している。

表 2

（主要諸元）

$$\beta = 1.65$$

$$\beta_2 = 0.9685$$

（光学部材諸元）

面番号	r	d	
	(物体面)	29.000000	(マスクブラインド10)
1	∞	3.000000	(カバーガラスCP)
2	∞	21.114186	
3	-59.96455	55.894461	(第1レンズ群G1：レンズL1)
4*	-200.00000	0.100000	
5	-271.64694	72.376371	
6	-162.27854	0.100000	
7	-1660.39217	68.798551	
8	-260.00000	20.000000	
9	-1834.57325	50.000000	
10	-372.31842	749.248818	
11	1769.86775	43.951905	(第2レンズ群G2)
12	-456.85638	161.545765	
13*	-257.43460	67.144322	
14	-335.18262	329.920123	
15	375.00000	47.091327	(第3レンズ群G3)
16	2334.56712	280.000000	

17 ∞ 24.068901
18* -847.61554 170.000000
19 ∞ 6.645109 (マスクM)

20 (像面)

(非球面データ)

第4面

$r = -200.00000$

$\kappa = 0$

$C4 = 0.445803 \times 10^{-7}$

$C6 = 0.117442 \times 10^{-11}$

$C8 = 0.111309 \times 10^{-15}$

$C10 = -0.908996 \times 10^{-20}$

第13面

$r = -257.43460$

$\kappa = 0$

$C4 = -0.536867 \times 10^{-9}$

$C6 = -0.961133 \times 10^{-14}$

$C8 = 0.290287 \times 10^{-17}$

$C10 = -0.757484 \times 10^{-22}$

第18面

$r = -847.61554$

$\kappa = 0$

$C4 = 0.682176 \times 10^{-8}$

$C6 = -0.199473 \times 10^{-12}$

$C8 = 0.611477 \times 10^{-16}$

$C10 = -0.297951 \times 10^{-20}$

(条件式対応値)

$f1 = 379.838 \text{ mm}$

$R1 = -59.96455 \text{ mm}$

$$(1) \quad |f_1 / R_1| = 6.334$$

〔第3実施例〕

図5は、第3実施例にかかるリレー結像光学系を1つの直線状の光軸に沿って展開した図である。第3実施例のリレー結像光学系は、物体側（マスクブラインド10側）から順に、カバーガラスCPと、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3とから構成されている。図5では、開口絞りSの図示を省略しているが、第2レンズ群G2の物体側に近接して開口絞りSを配置することができる。

なお、第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凹面を向け且つ像側の面が非球面状に形成された負メニスカスレンズL1と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズとから構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、像側の面が非球面状に形成された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとから構成されている。さらに、第3レンズ群G3は、非球面状に形成された凸面を像側に向けた平凸レンズから構成されている。なお、第3実施例のリレー結像光学系を構成する7枚のレンズおよびカバーガラスCPと、マスクMとは、すべて石英から形成されている。

次の表（3）に、第3実施例のリレー結像光学系の諸元の値を掲げる。表（3）において、 β はリレー結像光学系の結像倍率を、 β_2 は第2レンズ群G2の倍率を、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離をそれぞれ示している。また、面番号は光線の進行する方向に沿った面の順序を、 r は各面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径：mm）を、 d は各面の軸上間隔すなわち面間隔（mm）をそれぞれ示している。

表 3

（主要諸元）

$$\beta = 1.65$$

$$\beta_2 = 0.3848$$

(光学部材諸元)

面番号	r	d	
	(物体面)	29.000000	(マスクブラインド10)
1	∞	3.000000	(カバーガラスCP)
2	∞	21.124917	
3	-59.94330	50.810073	(第1レンズ群G1:レンズL1)
4*	-200.00000	1.856500	
5	-219.38541	65.295175	
6	-157.05786	2.026166	
7	-1400.00000	59.425234	
8	-260.00000	20.000000	
9	-2500.00000	50.000000	
10	-307.27793	806.350295	
11	2731.17878	43.951905	(第2レンズ群G2)
12*	-563.58811	519.354282	
13	375.00000	47.091327	
14	1738.57272	280.000000	
15	∞	24.068901	(第3レンズ群G3)
16*	-862.97805	170.000000	
17	∞	6.645109	(マスクM)
18	(像面)		

(非球面データ)

第4面

$$r = -200.000000$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.473802 \times 10^{-7}$$

$$C6 = 0.295460 \times 10^{-11}$$

$$C8 = -0.116621 \times 10^{-15}$$

$$C10 = 0.434687 \times 10^{-21}$$

第 1 2 面

$$r = -563.58811$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.143890 \times 10^{-8}$$

$$C6 = 0.283663 \times 10^{-13}$$

$$C8 = -0.180112 \times 10^{-17}$$

$$C10 = 0.452456 \times 10^{-22}$$

$$C12 = -0.171360 \times 10^{-27}$$

第 1 6 面

$$r = -862.97805$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.524949 \times 10^{-8}$$

$$C6 = 0.169937 \times 10^{-12}$$

$$C8 = -0.163315 \times 10^{-17}$$

$$C10 = 0.555397 \times 10^{-23}$$

(条件式対応値)

$$f1 = 385.036 \text{ mm}$$

$$R1 = -59.9433 \text{ mm}$$

$$(1) \quad |f1/R1| = 6.423$$

〔第 4 実施例〕

図 6 は、第 4 実施例にかかるリレー結像光学系を 1 つの直線状の光軸に沿って展開した図である。第 4 実施例のリレー結像光学系は、物体側（マスクブラインド 10 側）から順に、カバーガラス CP と、第 1 レンズ群 G 1 と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 とから構成されている。図 6 では、開口絞り S の図示を省略しているが、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との間の光路中に開口絞り S を配置することができる。

なお、第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、像側の面が非球面状に形成された両凹レンズと、物体側に凹面を向け且つ像側の面が非球面状に形成された負メ

ニスカスレンズL 1 と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズとから構成されている。また、第2レンズ群G 2 は、像側の面が非球面状に形成された両凸レンズから構成されている。さらに、第3レンズ群G 3 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズから構成されている。なお、第4実施例のリレー結像光学系を構成する6枚のレンズおよびカバーガラスCPと、マスクMとは、すべて石英から形成されている。

次の表(4)に、第4実施例のリレー結像光学系の諸元の値を掲げる。表(4)において、 β はリレー結像光学系の結像倍率を、 $\beta 2$ は第2レンズ群G 2 の倍率を、 $f 1$ は第1レンズ群G 1 の焦点距離をそれぞれ示している。また、面番号は光線の進行する方向に沿った面の順序を、 r は各面の曲率半径(非球面の場合には頂点曲率半径: mm)を、 d は各面の軸上間隔すなわち面間隔(mm)をそれぞれ示している。

表 4

(主要諸元)

$$\beta = 1.5$$

$$\beta 2 = 1.536$$

(光学部材諸元)

面番号	r	d	
	(物体面)	24.000000	(マスクブラインド10)
1	∞	3.000000	(カバーガラスCP)
2	∞	5.312634	
3	-236.97636	13.000000	(第1レンズ群G 1)
4*	230.60587	28.427249	
5	-128.33718	41.000000	(メニスカスレンズL 1)
6*	-144.30322	38.671058	
7	-835.56243	49.000000	
8	-244.65574	2.000000	
9	600.00000	50.000000	

10	-655.08071	622.894601	
11	1612.55882	46.000000	(第2レンズ群G2)
12*	-549.24551	734.694480	
13	335.88422	47.000000	(第3レンズ群G3)
14	7562.75817	365.000000	
15	∞	10.000000	(マスクM)
16	(像面)		
	(非球面データ)		

第4面

$$r = 230.60587$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = -0.321139 \times 10^{-6}$$

$$C6 = 0.170568 \times 10^{-10}$$

$$C8 = -0.575670 \times 10^{-14}$$

$$C10 = 0.360508 \times 10^{-18}$$

第6面

$$r = -144.30322$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.165944 \times 10^{-7}$$

$$C6 = 0.292836 \times 10^{-11}$$

$$C8 = 0.488715 \times 10^{-16}$$

$$C10 = 0.791354 \times 10^{-19}$$

第12面

$$r = -549.24551$$

$$\kappa = 0$$

$$C4 = 0.230189 \times 10^{-8}$$

$$C6 = -0.623765 \times 10^{-14}$$

$$C8 = 0.525144 \times 10^{-18}$$

$$C10 = -0.114363 \times 10^{-22}$$

(条件式対応値)

$$f_1 = 582.376 \text{ mm}$$

$$R_1 = -128.337 \text{ mm}$$

$$(1) \quad |f_1 / R_1| = 4.538$$

なお、上述の各実施例においては、所要の結像特性（光学特性）が確保されていることが確認されている。良好な結像特性が確保されている一例として、第1実施例の球面収差図（横収差表示）を図7に示す。各実施例のリレー結像光学系の結像倍率は3倍未満であるため、各実施例ともリレー結像光学系自体の球面収差を容易に小さくすることができる。また、第1レンズ群の像平面が有限距離に位置し、第2レンズ群が倍率を有する。このことは、リレー結像光学系の設計自由度の幅を広げるとともに、レンズの最大径を小さくすることができる。以上のように、本実施例のリレー結像光学系では、所要の光学特性を確保しつつ、少ないレンズ枚数で小型化および軽量化を実現することができる。したがって、本実施例の照明光学装置および露光装置では、エキシマレーザー光源を用いているにもかかわらず、有害ガスによるレンズ表面の曇りの影響を受けにくく、レンズの光透過率の低下の影響も受けにくい。また、本実施例の露光装置では、リレー結像光学系の小型化および軽量化により、露光装置が振動の影響を受けにくい構造になっている。

上述の実施例にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスクを照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に走査露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、図1に示す実施例の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図8のフローチャートを参照して説明する。

まず、図8のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、図1に示す本実施

例の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系（投影光学モジュール）を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

また、図1に示す本実施例の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図9のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図9において、パターン形成工程401では、各実施例の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レチクル剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形

成工程 401 にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程 402 にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

その後、モジュール組み立て工程 404 にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

なお、上述の各実施例では、波面分割型のオプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ 7 を用いているが、これに限定されることなく、内面反射型のロッド状オプティカルインテグレータを用いることもできる。ロッド状オプティカルインテグレータは、石英ガラスや蛍石のような硝子材料からなる内面反射型のガラスロッドであり、内部と外部との境界面すなわち内面での全反射を利用して集光点を通りロッド入射面に平行な面に沿って内面反射数に応じた数の光源像を形成する。ここで、形成される光源像のほとんどは虚像であるが、中心（集光点）の光源像のみが実像となる。すなわち、ロッド状オプティカルインテグレータに入射した光束は内面反射により角度方向に分割され、集光点を通りその入射面に平行な面に沿って多数の光源像からなる二次光源が形成される。

図 1 に示す実施例において、フライアイレンズ 7 に代えてロッド状オプティカルインテグレータを用いる場合、ズームレンズ 6 とロッド状オプティカルインテグレータの間の光路中に第 1 光学系を付設するとともに、コンデンサー光学系 9 に代えて第 2 光学系を設置する。ここで、第 1 光学系は、ズームレンズ 6 の入射瞳とロッド状オプティカルインテグレータの入射面とを光学的に共役に配置するとともに、ズームレンズ 6 の後側焦点面とロッド状オプティカルインテグレータの射出面とを光学的に共役に配置する。また、第 2 光学系は、ロッド状オプティカルインテグレータの射出面とマスクブラインド 10 とを光学的に共役に配置する。

また、上述の実施例では、露光装置における照明光学装置中のリレー結像光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく本発明の範囲内

において様々な適用例が可能であることはいうまでもない。

以上説明したように、本発明のリレー結像光学系では、所要の光学特性を確保しつつ、少ないレンズ枚数で小型化および軽量化を実現することができる。したがって、本発明のリレー結像光学系を組み込んだ照明光学装置および露光装置では、たとえばエキシマレーザー光源を用いた場合にも、有害ガスによるレンズ表面の曇りの影響を受けにくく、レンズの光透過率の低下の影響も受けにくい。

また、本発明のリレー結像光学系を組み込んだ露光装置では、リレー結像光学系の小型化および軽量化により、露光装置が振動の影響を受けにくい構造になる。その結果、本発明の露光装置を用いて良好な露光条件のもとで投影露光を行うことにより、良好なマイクロデバイスを高精度に製造することができる。

請求の範囲

1. 第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、

前記光学系は3倍未満の結像倍率を有し、

前記光学系を構成するレンズの総数が10以下であり、

前記光学系は少なくとも2つの非球面を有し、該少なくとも2つの非球面のうちの一方の非球面は前記第1面の近傍または前記第2面の近傍に配置されているリレー結像光学系。

2. 前記光学系は、前記第1面側から順に、第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する請求項1に記載のリレー結像光学系。

3. 前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項2に記載のリレー結像光学系。

4. 前記第1レンズ群は、前記第1面側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と、少なくとも2つの正レンズとを有し、

前記第2レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの正レンズをそれぞれ有する請求項2に記載のリレー結像光学系。

5. 前記メニスカスレンズL1の前記第1面側の凹面の曲率半径をR1とし、前記第1レンズ群G1の焦点距離をf1とすると、

$$0.1 < |f1/R1| < 1.0$$

の条件を満足する請求項4に記載のリレー結像光学系。

6. 前記第1レンズ群は、その像平面が有限距離に位置するように構成されている請求項2に記載のリレー結像光学系。

7. 第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、前記光学系は、前記第1面側から順に、像平面が有限距離に位置するように構成された第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群ないし前記第3レンズ群のうちの少なくとも2つのレンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有し、

前記光学系を構成するレンズの総数が10以下であるリレー結像光学系。

8. 前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する請求項7に記載のリレー結像光学系。

9. 前記第2レンズ群の近傍には、不要な光束を遮るための開口絞りが配置されている請求項7に記載のリレー結像光学系。

10. 前記第2レンズ群は、 $1/100$ 倍から100倍の倍率を有する請求項7に記載のリレー結像光学系。

11. 前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項7に記載のリレー結像光学系。

12. 第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、

前記光学系は、前記第1面側から順に、第1レンズ群と、実質的に倍率を有する第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群ないし前記第3レンズ群のうちの少なくとも2つのレンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有し、

前記光学系を構成するレンズの総数が10以下であるリレー結像光学系。

13. 前記第2レンズ群は、 $1/100$ 倍から100倍の倍率を有する請求項12に記載のリレー結像光学系。

14. 前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する請求項12に記載のリレー結像光学系。

15. 前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項12に記載のリレー結像光学系。

16. 被照射面を照明する照明光学装置において、

光束を供給するための光源と、

前記光源からの光束に基づいて所定面に照野を形成するための照野形成手段と、

前記所定面としての第1面に形成された前記照野の像を、前記被照射面としての第2面に形成するための請求項1に記載のリレー結像光学系とを備えている照明光学装置。

17. 前記所定面には、前記被照射面における照明領域を変更するための視野絞りが配置されている請求項16に記載の照明光学装置。

18. 請求項16に記載の照明光学装置と、前記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えている露光装置。

19. 請求項18に記載の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むマイクロデバイスの製造方法。

補正書の請求の範囲

[2002年1月11日 (11. 01. 02) 国際事務局受理：出願当初の請求の範囲1,7,12は補正された；他の請求の範囲は変更なし。(3頁)]

1. (補正後) 第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、
前記光学系は3倍未満の結像倍率を有し、

前記光学系を構成するレンズの総数が10以下であり、

前記光学系は少なくとも1つの負のパワーのレンズを有し、該レンズのうちの1つは前記第1面の近傍に配置されるとともに、前記光学系は少なくとも2つの非球面を有し、該少なくとも2つの非球面のうちの一方の非球面は前記第1面の近傍または前記第2面の近傍に配置されているリレー結像光学系。

2. 前記光学系は、前記第1面側から順に、第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する請求項1に記載のリレー結像光学系。

3. 前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項2に記載のリレー結像光学系。

4. 前記第1レンズ群は、前記第1面側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と、少なくとも2つの正レンズとを有し、

前記第2レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの正レンズをそれぞれ有する請求項2に記載のリレー結像光学系。

5. 前記メニスカスレンズL1の前記第1面側の凹面の曲率半径をR1とし、前記第1レンズ群G1の焦点距離をf1とすると、

$$0.1 < |f1/R1| < 10$$

の条件を満足する請求項4に記載のリレー結像光学系。

6. 前記第1レンズ群は、その像平面が有限距離に位置するように構成されている請求項2に記載のリレー結像光学系。

7. (補正後) 第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、
前記光学系は、前記第1面側から順に、像平面が有限距離に位置するように構成された第1レンズ群と、第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群は、負のパワーのレンズを有し、

補正された用紙 (条約第19条)

前記第1レンズ群ないし前記第3レンズ群のうちの少なくとも2つのレンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有し、

前記光学系を構成するレンズの総数が10以下であるリレー結像光学系。

8. 前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する請求項7に記載のリレー結像光学系。

9. 前記第2レンズ群の近傍には、不要な光束を遮るための開口絞りが配置されている請求項7に記載のリレー結像光学系。

10. 前記第2レンズ群は、 $1/100$ 倍から100倍の倍率を有する請求項7に記載のリレー結像光学系。

11. 前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項7に記載のリレー結像光学系。

12. (補正後) 第1面の像を第2面に形成するリレー結像光学系において、前記光学系は、前記第1面側から順に、第1レンズ群と、実質的に倍率を有する第2レンズ群と、第3レンズ群とを備え、

前記第1レンズ群は、負のパワーのレンズを有し、

前記第1レンズ群ないし前記第3レンズ群のうちの少なくとも2つのレンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有し、

前記光学系を構成するレンズの総数が10以下であるリレー結像光学系。

13. 前記第2レンズ群は、 $1/100$ 倍から100倍の倍率を有する請求項12に記載のリレー結像光学系。

14. 前記第1レンズ群および前記第3レンズ群は、少なくとも1つの非球面をそれぞれ有する請求項12に記載のリレー結像光学系。

15. 前記第2レンズ群は、少なくとも1つの非球面を有する請求項12に記載のリレー結像光学系。

16. 被照射面を照明する照明光学装置において、

光束を供給するための光源と、

前記光源からの光束に基づいて所定面に照野を形成するための照野形成手段と、

前記所定面としての第1面に形成された前記照野の像を、前記被照射面としての第2面に形成するための請求項1に記載のリレー結像光学系とを備えている照

補正された用紙 (条約第19条)

明光学装置。

17. 前記所定面には、前記被照射面における照明領域を変更するための視野絞りが配置されている請求項16に記載の照明光学装置。

18. 請求項16に記載の照明光学装置と、前記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えている露光装置。

19. 請求項18に記載の露光装置により前記マスクのパターンを前記感光性基板上に露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを含むマイクロデバイスの製造方法。

条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲第1項では、リレー結像光学系が少なくとも1つの負のパワーのレンズを有し、該レンズのうちの1つが第1面の近傍に配置されることを明確にした。請求の範囲第7項及び第12項では、リレー結像光学系の第1のレンズ群が負のパワーのレンズを有していることを明確にした。

また、請求の範囲第1項では、リレー結像光学系に非球面レンズを使用し、リレー結像光学系の結像倍率が3倍未満である。請求の範囲第7項では、第1のレンズ群の像平面が有限距離に位置するよう構成されている。請求の範囲第12項では、第2のレンズ群が実質的に倍率を有している。

引用例(US4906080A及びJP2000-98226A)では、第1のレンズ群が正のパワーのレンズからなっている。引用例(EP783137A2)では、対物レンズに球面レンズのみを用いている。引用例(EP940722A2)では、リレー結像光学系の第1の倍率が4.444であり、第1のレンズ群の像平面が無遠に存在し、第2のレンズ群が無倍率である。また、引用例(EP744664A2、JP9-82631、及びEP500393A2)では、リレー結像光学系の構成が具体的に開示されていない。

1/9

図 1

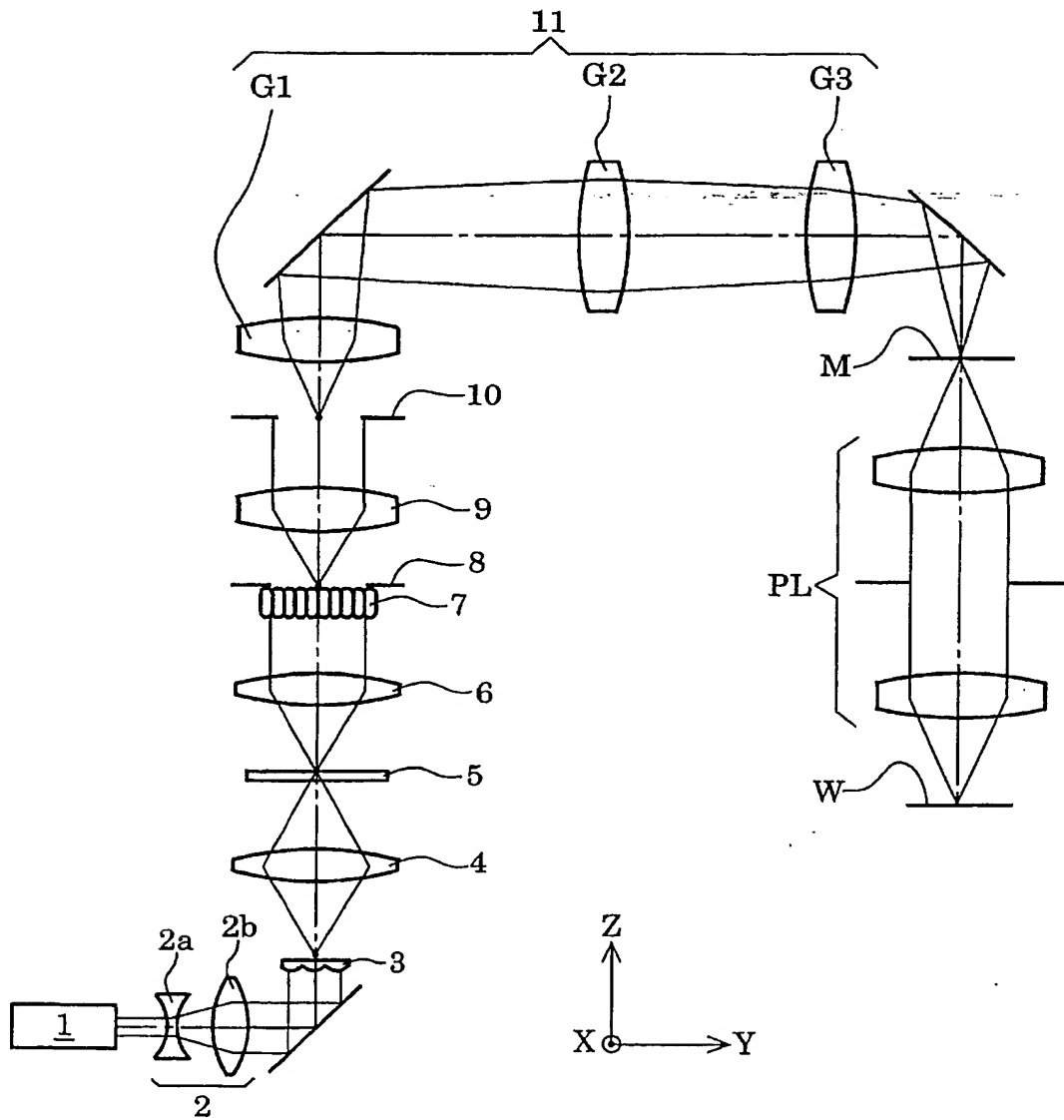
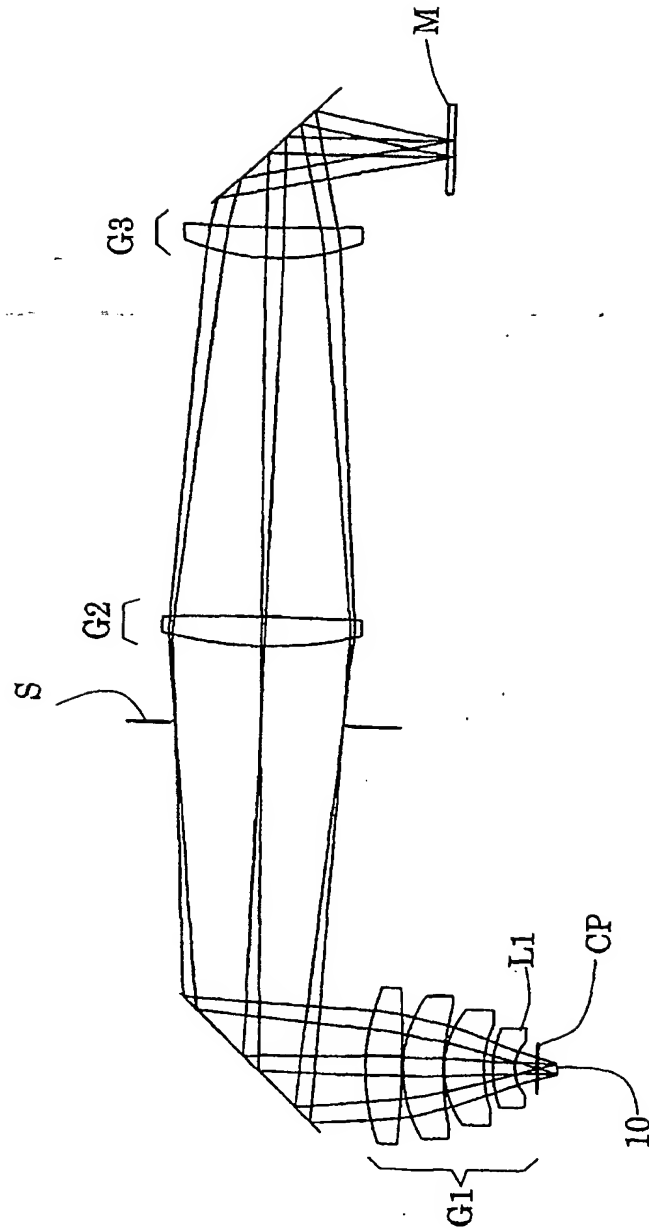
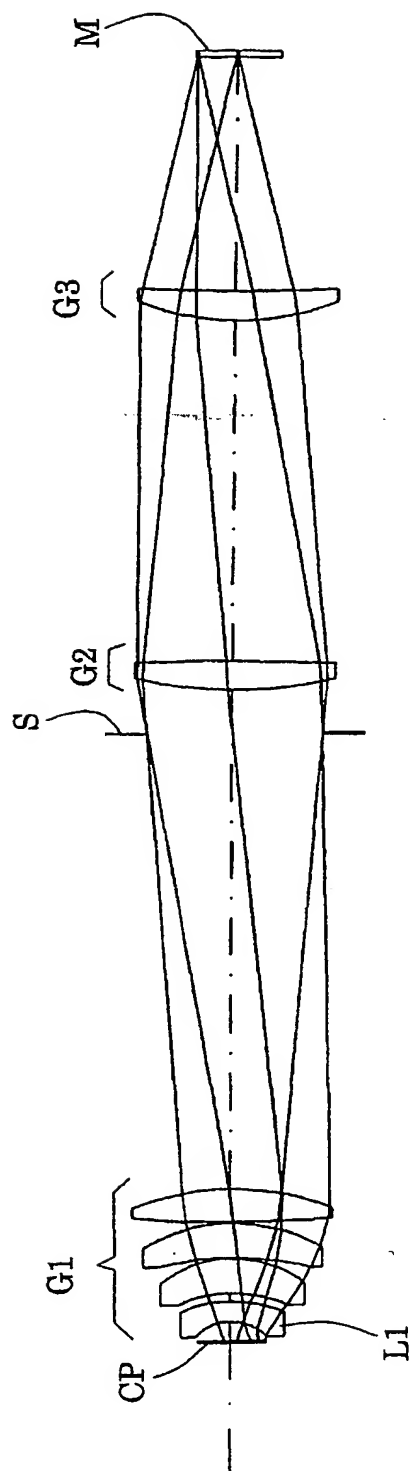


図 2



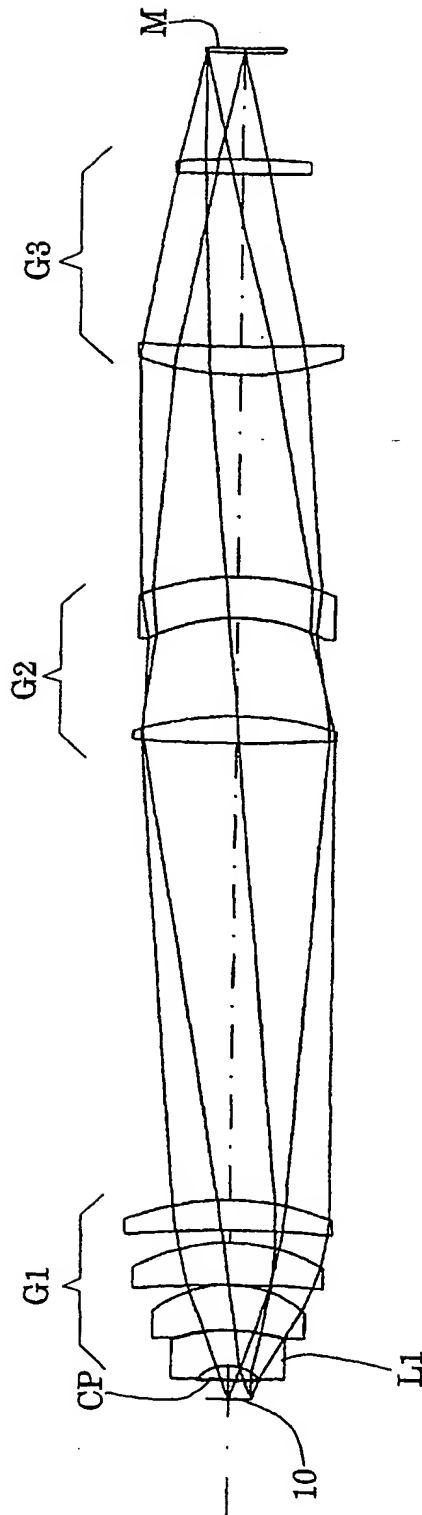
3/9

図 3



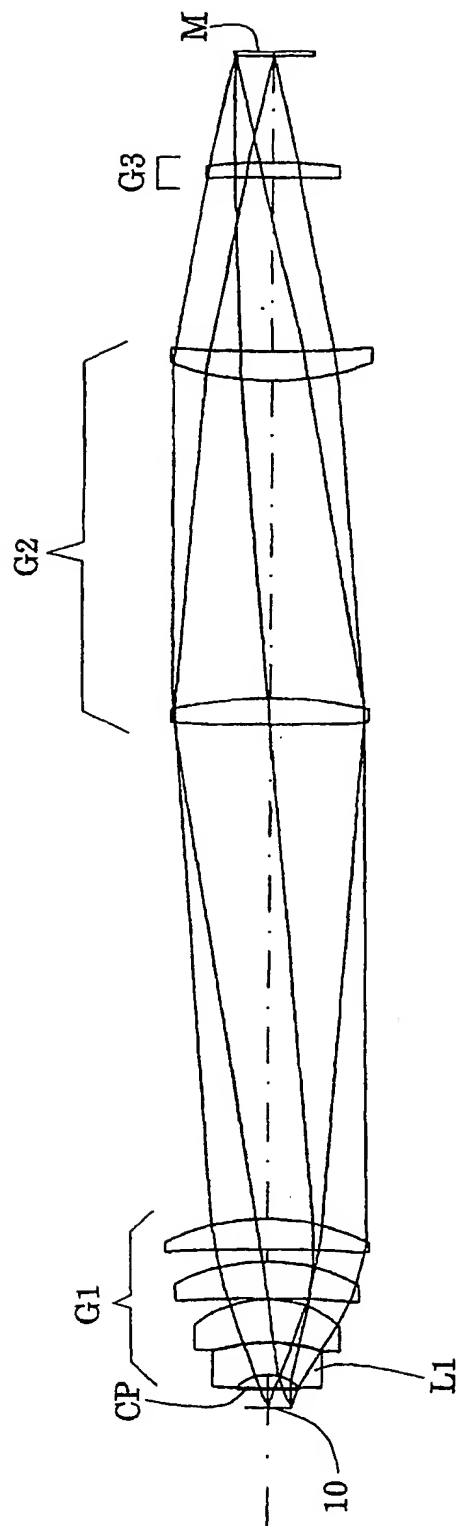
4/9

図 4



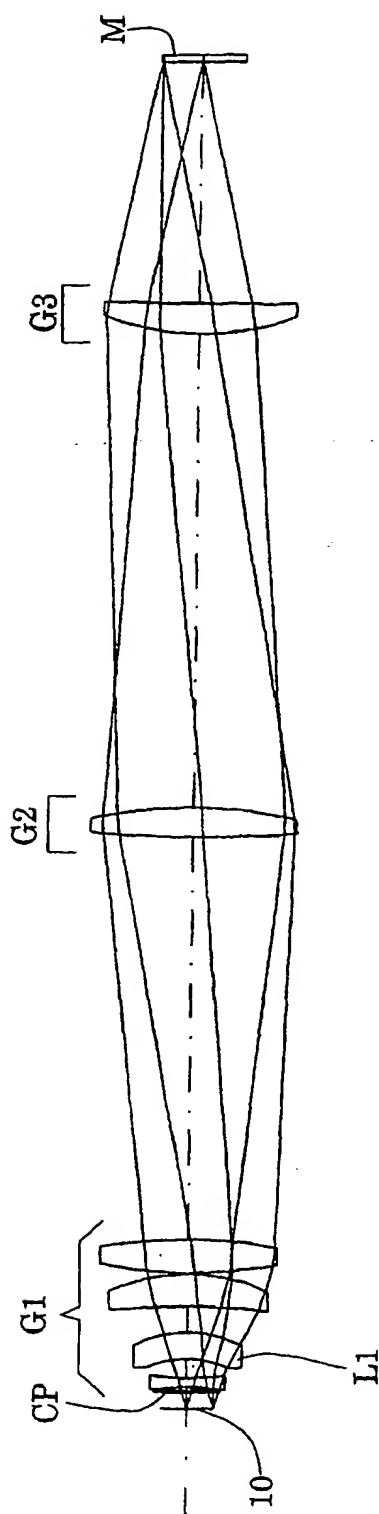
5/9

図 5



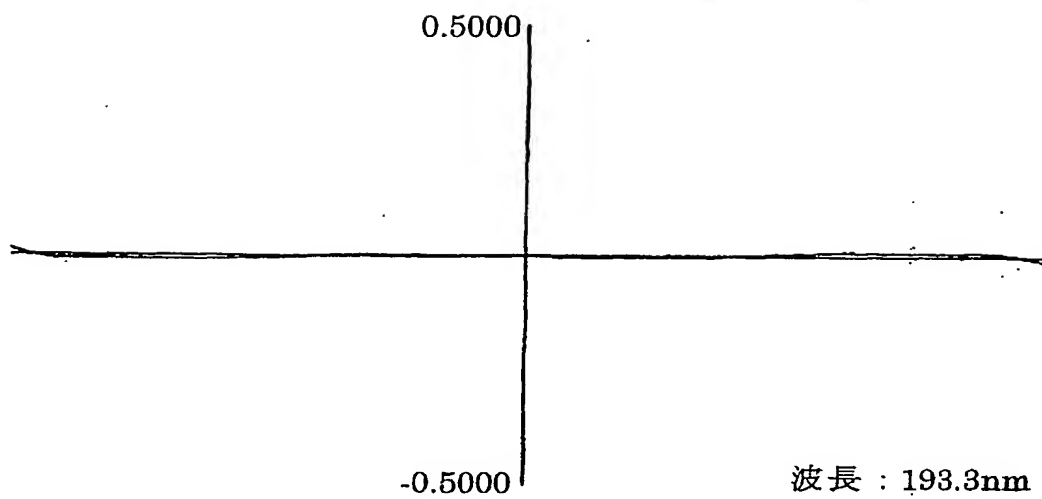
6/9

図 6



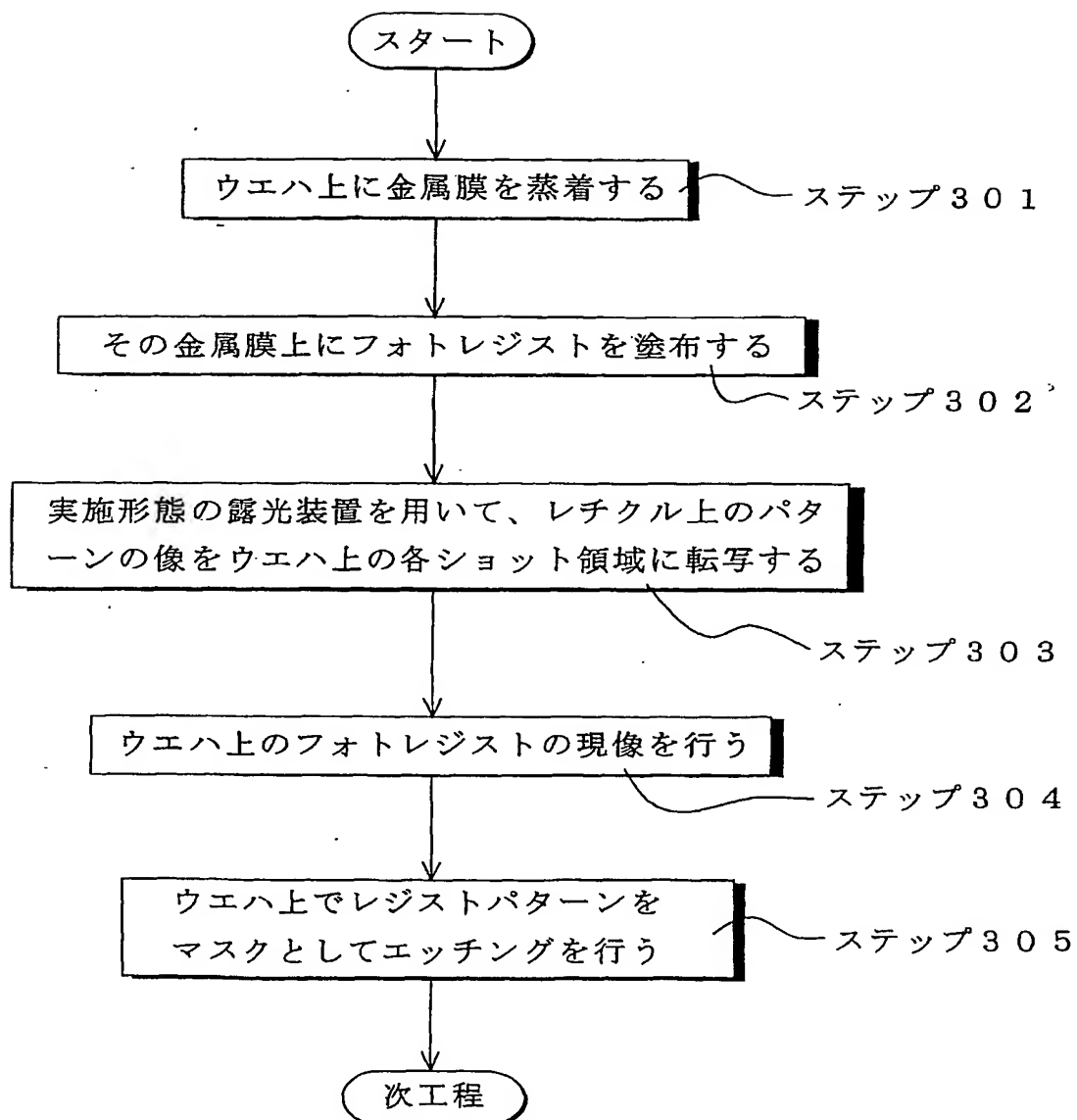
7/9

図 7



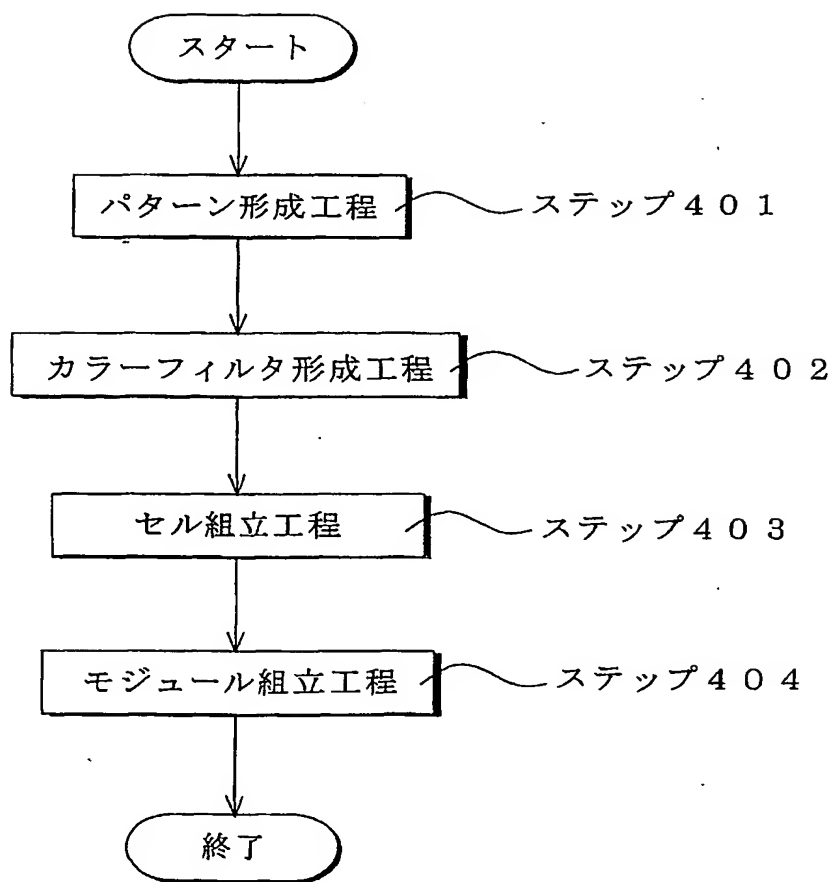
8/9

図 8



9/9

図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06913

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B13/24, G02B13/18, G02B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B13/24, G02B13/18, G02B19/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 940722 A2 (Carl Zeiss), 08 September, 1999 (08.09.99), Full text; all drawings & JP 11-329963 A Full text; all drawings & DE 19809395 A1 & KR 99077474 A & TW 409198 A & US 6295122 B1	1-19
Y	EP 783137 A2 (Carl Zeiss), 09 July, 1997 (09.07.97), Full text; all drawings & JP 9-197270 A Full text; all drawings & DE 19548805 A1 & KR 97048690 A & US 5982558 A	1-19
Y	JP 2000-98226 A (Olympus Optical Company, Limited), 07 April, 2000 (07.04.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
02 November, 2001 (02.11.01)

Date of mailing of the international search report
13 November, 2001 (13.11.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/06913

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 500393 A2 (Canon Kabushiki Kaisha), 26 August, 1992 (26.08.92), Full text; all drawings & JP 4-329623 A Full text; all drawings & CA 2061499 A & US 5305054 A & DE 69222963 E & KR 9606684 B1 & KR 9606686 B1 & US 6084655 A & US 6128068 A & US 20010007495 A1 & US 6217909 B1 & US 20010015797 A2	1-19
Y	JP 9-82631 A (Nikon Corporation), 28 March, 1997 (28.03.97), Full text; all drawings (Family: none)	16-19
Y	EP 744664 A2 (SVG Lithography Systems, Inc.), 27 November, 1996 (27.11.96), Full text; all drawings & JP 9-7940 A Full text; all drawings & CA 2177196 A & US 5631721 A	1-19
Y	US 4906080 A (Canon Kabushiki Kaisha), 06 March, 1990 (06.03.90), Full text; all drawings & JP 62-266513 A Full text; all drawings	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B13/24, G02B13/18, G02B19/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B13/24, G02B13/18, G02B19/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	EP 940722 A2 (Carl Zeiss) 8. 9月. 1999 (08. 09. 99) 全文、全図 &JP 11-329963 A, 全文、全図 &DE 19809395 A1 &KR 99077474 A &TW 409198 A &US 6295122 B1	1-19
Y	EP 783137 A2 (Carl Zeiss) 9. 7月. 1997 (09. 07. 97) 全文、全図 &JP 9-197270 A, 全文、全図 &DE 19548805 A1 &KR 97048690 A &US 5982558 A	1-19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 11. 01

国際調査報告の発送日

13.11.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明



2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2000-98226 A (オリンパス光学工業株式会社) 7. 4月. 2000 (07. 04. 00) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-15
Y	EP 500393 A2 (Canon Kabushiki Kaisha) 26. 8月. 1992 (26. 08. 92) 全文、全図 & J P 4-329623 A, 全文、全図 & CA 2061499 A & US 5305054 A & DE 69222963 E & KR 9606684 B1 & KR 9606686 B1 & US 6084655 A & US 6128068 A & US 20010007495 A1 & US 6217909 B1 & US 20010015797 A2	1-19
Y	J P 9-82631 A (株式会社ニコン) 28. 3月. 1997 (28. 03. 97) 全文、全図 (ファミリーなし)	16-19
Y	EP 744664 A2 (SVG Lithography Systems, Inc.) 27. 11月. 1996 (27. 11. 96) 全文、全図 & J P 9-7940 A, 全文、全図 & CA 2177196 A & US 5631721 A	1-19
Y	US 4906080 A (Canon Kabushiki Kaisha) 6. 3月. 1990 (06. 03. 90) 全文、全図 & J P 62-266513 A, 全文、全図	1-19